

### 5. Ausbildung von Bauformen vom Gesichtspunkt der zweckmäßigen Herstellung aus.

Nun dürfen wir uns aber nicht verhehlen, daß mit dem, was bisher festgestellt wurde, die Frage nach der besten Trägerform erst nach einer Seite hin, von wissenschaftlichen Gesichtspunkten aus, gelöst wurde. Wohl wissen wir jetzt, wie man bei einem Träger, der Biegung auszuhalten hat, mit der geringsten Werkstoffmenge auskommt, nicht aber, wie der Zweck, den wir im Auge haben, nämlich einen Träger herzustellen, der 1 m von der Wand entfernt die Last von 2000 kg halten kann, sich mit den geringsten Kosten verwirklichen läßt. Denn das ist schließlich die Grundfrage. Damit werden wir auf das unendlich verzweigte und schwierige Gebiet der Herstellungsverfahren geführt.

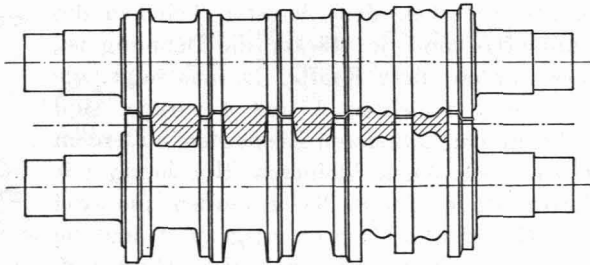


Abb. 141. Vorwalzen für Eisenbahnschienenkaliber.

Es sei einmal angenommen, daß der Träger, statt aus Eisen, aus Holz gemacht werden soll. Nun sagt uns die „reine Wissenschaft“, daß der Werkstoff bei einer Trägerform nach Abb. 140 am besten ausgenutzt wird. Bekommen wir aber bei dieser Form auch einen billigen Holzträger? Man braucht nicht Techniker zu sein, um die Frage zu verneinen. Holzbalken lassen sich mit der Säge nur rechteckig schneiden. Einen Träger nach Abb. 140 herauszuarbeiten, wäre eine sehr langwierige und teure Arbeit, und was dabei gewonnen wird, ist nichts als ein Haufen wertloser Späne.

Es wäre also die denkbar größte Torheit, einen Holzbalken um der Werkstoffersparnis willen weiterbearbeiten zu wollen. Mit Eisen liegt die Sache indessen anders; es ist in glühendem Zustande ein bildsames Material, das sich durch geeignete Verfahren in alle möglichen Formen bringen läßt.

Im Falle des I-Eisens geschieht dies durch Walzen. Der im Stahlwerk hergestellte, schwere rechteckige Eisenklotz wird, nachdem er auf Weißglut erhitzt ist, zwischen zwei Walzen gebracht, die ihn zunächst ganz wenig eindrücken. Beim Durchgang durch eine andere

Öffnung der Walzen werden die Flanschen schon kräftiger herausgearbeitet, und so entwickelt sich allmählich über eine Reihe von Stufen hinweg der fertige Träger. Abb. 141 zeigt entsprechend die ersten Stufen beim Auswalzen von Eisenbahnschienen.

So viel ist freilich auch klar, daß bei diesem Herstellungsverfahren nicht daran zu denken ist, für einen bestimmten Fall einen Träger von besonderem Querschnitt herzustellen, der sich nach der Berechnung gerade als der günstigste erweist. Es würde sich nicht lohnen, für eine kleine Anzahl von Trägern besondere Walzen anzufertigen, und der Ingenieur muß sich daher, wenn er wirtschaftlich arbeiten will, mit den Trägern begnügen, die nach einmal festgelegten „Profilen“ von den Walzwerken geliefert werden. Die Benutzung der Träger ist dadurch außerordentlich erleichtert worden, daß die Werke sich nach einheitlichen Maßen richten. Es bestehen ausführliche Verzeichnisse über diese „Normalprofile“, so daß jeder Konstrukteur weiß, daß er Träger von dem und dem bestimmten Querschnitt überall im Handel bekommen kann.

Ein anderes Beispiel. Es soll ein Handhebel entworfen werden, d. h. ein mit Handgriff versehener Hebel, der auf einer Welle festgemacht ist und mit dem diese Welle gedreht werden kann. Nach den Grundsätzen der Festigkeitslehre würde die in Abb. 142 skizzierte Form I richtig sein. Die Kraft, d. h. der von der Hand des Mannes ausgeübte Druck, greift in der Weise an, wie durch den Pfeil angedeutet ist, und sucht also den Hebel oberhalb der „Nabe“, im Querschnitt  $a b$ , abzubrechen. Das aufrecht stehende Rechteck ist, wie wir oben gesehen haben, ziemlich widerstandsfähig gegen Biegung und ergibt jedenfalls eine bessere Ausnutzung des Werkstoffs als ein Kreisquerschnitt nach Form II (Abb. 143), denn hier liegt ja die Hauptmenge des Werkstoffs nahe an der Mittellinie, während er beim Rechteck gleichmäßig von innen nach außen hin verteilt ist. Trotzdem ist, wenn der Hebel blank bearbeitet werden soll, die runde Form zweckmäßiger. Die Form I läßt sich nämlich überhaupt nicht oder doch nur sehr schwer maschinell bearbeiten, weil für die Bearbeitung der Hauptflächen das Stück jedesmal anders auf die Werkzeugmaschine aufgespannt werden muß, nämlich derart, daß die betreffende Fläche dem Werkzeug zugekehrt ist. Dazu kommt die schwierige Bearbeitung der Nabe und außerdem die des Handgriffes, so daß auf alle Fälle sehr viel Handarbeit notwendig ist.

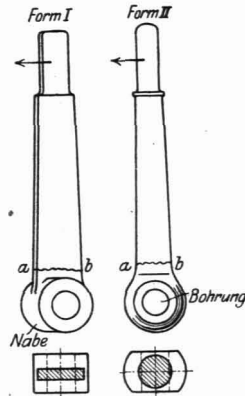
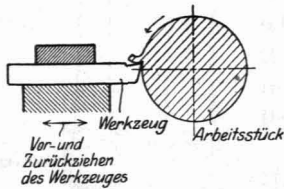


Abb. 142 u. 143. Rechteckiger und runder Handhebel.

Ganz anders beim Kreisquerschnitt. Man braucht den Hebel nur auf die Drehbank zu spannen und kann ihn dann vollständig bearbeiten bis auf das Bohren des Loches und die Bearbeitung der Stirnflächen der Nabe, zwei Arbeiten, die sich auch wieder an einer Maschine mit einer Aufspannung ausführen lassen, und die bei dem rechteckigen Hebel natürlich ebenfalls notwendig wären. Mit dem Hebelschaft zusammen kann auch die Nabe gedreht werden, da sie kugelige Form hat.

Der Vorgang des Drehens ist bekanntlich der, daß, wie in Abb. 144 veranschaulicht, das Werkstück, das bearbeitet werden soll, maschinell in fortlaufende Drehung versetzt wird, während ein feststehender Stahl, der gegen das Werkstück angedrückt wird, einen Span davon herunternimmt. Der Stahl wird gleichmäßig seitwärts an dem Werkstück entlang parallel zu seiner Drehachse bewegt und



stellt infolgedessen einen runden, zylindrischen Körper her. Nun läßt sich der Stahl aber auch vor- und zurückschieben, wie es der Doppelpfeil in Abb. 144 andeutet, und man kann infolgedessen an jeder Stelle sowohl das Werkstück nach Belieben tiefer eindrehen als auch den Durchmesser größer lassen, d. h. es lassen sich runde Körper von jeder beliebigen Form herstellen. Dadurch, daß das Werkstück in einem einzigen

Abb. 144.  
Vorgang beim Drehen  
(vgl. Abb. 145).

Arbeitsgang fertig gemacht wird, ist die Bearbeitung sehr einfach und billig, weshalb, wenn irgend möglich, die Maschinenteile so geformt werden, daß sie sich auf der Drehbank bearbeiten lassen.

Bei dem Hebel, Abb. 143, ist die Ersparnis gegenüber anderen Bearbeitungsverfahren so groß, daß das geringe Mehrgewicht, das bei runder Form notwendig ist, nicht in die Wagschale fällt. Hinzu kommt noch, daß der rechteckige Hebel, wenn er mit der Hand bearbeitet werden soll, in der Schmiede sehr genau ausgeführt werden muß, da es nicht möglich oder doch sehr teuer ist, mit der Hand große Mengen Werkstoff herunter zu nehmen, während es bei der Drehbank auf ein Millimeter Spandicke mehr oder weniger meist nicht ankommt.

Es gibt viele ähnliche Fälle, in denen sich schon aus einer einfachen Überlegung, wie sie jeder Konstrukteur ohne weiteres anstellen kann, ergibt, daß eine neue Form einer älteren gegenüber infolge der Ersparnis an Bearbeitung Vorteile bieten wird. Andererseits aber kommt es oft vor, daß über die zweckmäßigste Art der Herstellung Zweifel entstehen, und eine sichere Entscheidung ist dann nur dadurch möglich, daß auf Grund fester Versuchs- oder Erfahrungswerte die Kosten im voraus bestimmt werden, die durch Werkstoff- und

Arbeitsaufwand bei der einen und bei der anderen Herstellungsweise entstehen. Allerdings gehört dazu eine umfangreiche Kleinarbeit, denn es genügt nicht, für ein anderes, bereits fertiges Arbeitstück, das vielleicht ähnliche Form aufweist, die entstandenen Kosten aufzuschreiben und danach die voraussichtlich entstehenden Kosten des neuen Stückes abzuschätzen. Das ist handwerksmäßiges Vorgehen und steht auf einer Stufe mit der Art und Weise, wie man früher, ehe die Berechnungsverfahren der Festigkeitslehre allgemeiner bekannt geworden waren und sich das Zutrauen der Konstrukteure erworben hatten, die Abmessungen von Maschinenteilen zu bestimmen pflegte, indem nämlich auf Grund der Erfahrungen, die an ähnlichen Maschinen gemacht waren, die Abmessungen für die neue Maschine entsprechend stärker oder schwächer gewählt wurden. Gewiß ist es auch auf diese Weise möglich, Maschinen zu bauen. Aber um zur äußersten Ausnutzung des Werkstoffs zu gelangen und das Erzeugnis auf den denkbar billigsten Preis herunter zu bringen, sind andere, genauere Verfahren notwendig.

## 6. Grundlagen moderner Herstellungsmethodik in der mechanischen Industrie.

Für die Herstellungsverfahren bedeutet dies eine sorgfältige Einzelprüfung aller Umstände, die auf den Preis des Erzeugnisses Einfluß haben. Der Ingenieur, der diese Einflüsse nicht jeden für sich allein zu beurteilen vermag, steht vor jeder anderen Aufgabe von neuem ziemlich hilflos da und ist auf sein Gefühl angewiesen. Vor allem wird kein Ingenieur es wagen können, wenn ihm sichere rechnungsmäßige Unterlagen fehlen, grundlegende und weittragende Neuerungen einzuführen, weil er sich selbst und anderen nicht beweisen kann, daß damit wirkliche Vorteile zu erreichen sind.

Um ein bestimmtes Arbeitstück herzustellen, lassen sich oft sehr verschiedenartige Wege beschreiten. Vor allem kann die „spanlose Formung“ durch Gießen, Schmieden, Pressen, Ziehen usw. mit der „spanabhebenden Formung“ durch Drehen, Bohren, Fräsen, Schleifen u. a. m. in Wettbewerb stehen. Gußteile ersetzt man neuerdings häufig durch geschweißte Teile, nachdem die elektrische und die Gasmelzschweißung zu so hoher Vollkommenheit entwickelt sind. Wenn es möglich ist, wird man ein Arbeitsverfahren wählen, bei dem das Werkstück in einem einzigen Arbeitsgang fertiggestellt wird. Bei Massenerstellung stehen deshalb die spanlosen Verfahren an erster Stelle. Erwähnt sei als Beispiel der „Spritzguß“, bei dem ein leichtflüssiges Metall wie Aluminium durch Preßluft in eine sauber ausgearbeitete Stahlform hineingedrückt wird und diese genau und vollständig ausfüllt. An einem solchen Stück ist dann nur noch geringe Nacharbeit vorzu-